



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2011

Zirkonoxid-Konsens

Beuer, F ; Stawarczyk, B

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-56972>

Journal Article

Published Version

Originally published at:

Beuer, F; Stawarczyk, B (2011). Zirkonoxid-Konsens. Dental dialogue, 12(3):90-98.

Eine Verarbeitungsanleitung für Zirkonoxid: Die Ergebnisse der CAD 4 practice Expertenrunde

Zirkonoxid-Konsens

Ein Beitrag von PD Dr. Florian Beuer, München/Deutschland, Dipl.-Ing. Bogna Stawarczyk, MSc, Zürich/Schweiz und Dipl.-Ing. Michael Tholey, Bad Säckingen/Deutschland

Als im Oktober 2010 die Experten der CAD 4 practice Gruppe zu ihrer Konsensuskonferenz zusammen gekommen waren, wusste noch keiner, ob es dieser interdisziplinären Gruppe gelingen würde, eine Arbeitsanleitung für den Werkstoff Zirkonoxid zusammen zu stellen. Nun, es ist der Gruppe gelungen, allerdings muss der Fairness halber gesagt werden, dass niemals eine einzige Verarbeitungsanleitung für Zirkonoxid erstellt werden kann, denn Zirkonoxid ist definitiv nicht gleich Zirkonoxid. Auf diesen Konsens konnte sich die Expertengruppe sofort einigen. So wäre es vermessen, sich über die Verarbeitungsanleitungen der einzelnen Hersteller hin weg zu setzen. Dafür ist die Zahl der am Markt erhältlichen Systeme und Materialien mittlerweile viel zu groß geworden. Als einer der wichtigsten Punkte des Konsens kann jedoch festgehalten werden, dass für den langfristigen Erfolg, ein exaktes Einhalten der systemischen Anforderungen unumgänglich ist. Nachfolgend sind alle Punkte zusammengefasst aufgeführt, die im Rahmen der Konferenz festgehalten und für evident erachtet wurden.

Im Jahr 2007 wurde auf Initiative von Ralf Suckert, Geschäftsführer der teamwork media GmbH, die CAD4 Practice Expertenrunde aus der Taufe gehoben. Das erklärte Ziel war der Austausch und die Bearbeitung von Themen rund um das Thema Computer Aided Design (CAD) und Computer Aided Manufacturing (CAM) – und zwar über Firmengrenzen hinweg. Die Mitglieder der CAD 4 practice Expertenrunde (Tab. 1) versuchten auf ihrer Konsensuskonferenz, die im Oktober 2010 in Starnberg stattfand, eine allgemeine Anleitung und Empfehlungen für den Einsatz und die Verarbeitung von Zirkonoxid zu erstellen.

Manche der formulierten Empfehlungen lassen sich dabei gut anhand der vorhandenen Literatur belegen [1-69], einige Empfehlungen beruhen auf Erfahrungen und Empirie. Legt man diesen Ergebnissen die in der Cochrane Library verwendeten Evidenzstufen (Tab. 2) zugrunde, so erreichen manche Statements ein sehr hohes Evidenzlevel, wobei andere Aussagen lediglich auf Evidenzlevel IV einzuordnen sind. Durch die Auswahl der Experten aus der Zahntechnik, Zahnmedizin, Werkstoffkunde und Industrie

war ein breites Spektrum an Wissen gegeben. Dennoch können die Aussagen natürlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben.

Nomenklatur

Zur Vereinheitlichung kann für ZrO_2 (Zirkoniumdioxid) der Begriff Zirkonoxid verwendet werden, im Englischen findet der Begriff Zirconia Verwendung. Auf Bezeichnungen wie Zirkonium, Zirkon oder ähnliches sollte man verzichten, da es sich hierbei um andere Materialien handelt. Zirkonium ist ein chemisches Element. Sein Name leitet sich von Zirkon ab, dem häufigsten Zirkonium-Mineral.

Indikationen

Grundsätzlich liegen verschiedene Zirkonoxid-Qualitäten mit verschiedenen mechanischen und optischen Eigenschaften vor, die abhängig von der Rohstoffqualität, Rohlingsherstellung, den Sinterparametern und der maschinellen Bearbeitung sind. Die einzelnen Parameter sind, ohne Qualitätseinbußen, nicht ohne weiteres änderbar. Deshalb wird die klare Empfehlung gegeben, nur erprob-

te, bekannte und wissenschaftlich gut dokumentierte Zirkonoxid-Qualitäten anzuwenden.

Weiterhin ist ebenfalls eine gute Abstimmung des Gerüst- und Verblendmaterials zueinander von entscheidender Bedeutung, denn nicht alle Systeme zeigen gleich gute Eigenschaften.

Einzelkronen

Schichttechnisch verblendete, klassische Zirkonoxid-Gerüstkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen haben sich klinisch bewährt (Abb. 1). Klassisch verblendete Zirkonoxid-Kronen auf Implantaten sind zwar möglich, zeigen aber höhere Komplikationsraten. Ein anatomisch geformtes Gerüst, das die Verblendkeramik in einer gleichmäßigen Schichtstärke unterstützt, ist die Grundvoraussetzung. Vollanatomische Zirkonoxid-Kronen ohne klassisches Verblendmaterial auf der Okklusalfäche werden bereits seit ein paar Jahren klinisch eingesetzt, sind aber aus materialkundlicher Sicht kritisch zu bewerten. Die Reaktion von Zirkonoxid mit Wasser beschleunigt den Alterungsprozess, wodurch die mechanischen Eigenschaften des Materials herabgesetzt werden können. Zusätzlich wird bei die-

Indizes

- Befestigung
- Bearbeitung
- Indikationen
- Präparationsformen
- Sintern
- Verblenden
- Zirkonoxid

Bildnachweis

Abb. 2, 3, 4, 5, 6, 7
© Josef Schweiger,
Ludwigs-Maximilians-Universität München

Tabelle 1: CAD 4 practice Expertengruppe

| Teilnehmer | Tätigkeit | Umfeld |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Priv. Doz. Dr. Florian Beuer | Zahnarzt | LMU München |
| Dr. Tom Blöcker | Zahnarzt, Fachzahnarzt Oralchirurgie | Niedergelassener Zahnarzt in Hamburg/Bergedorf |
| Paul Delee | Zahntechniker | Geschäftsführer der ES Healthcare |
| Prof. Dr. Daniel Edelhoff | Zahnarzt, Zahntechniker | Leitender Oberarzt LMU München |
| Prof. Dr.-Ing. Horst Fischer | Universitätsprofessor für Zahnärztliche Werkstoffe und Biomaterialforschung | RWTH Aachen |
| Priv. Doz. Dr. Dr. Jens Fischer | Zahnarzt, Mineraloge | VITA Zahnfabrik, Lehrbeauftragter Uni Basel, ALU Freiburg, Uni Zürich |
| Dr. Jan-Frederik Güth | Zahnarzt | LMU München |
| Ztm. Rudolf Hrdina | Zahntechnikermeister | Eigenes Labor in Guntramsdorf/Österreich |
| Ztm. Christian Moss | Zahntechnikermeister | Eigenes Labor in Hamburg |
| Ztm. Ralph Riquier | Zahntechnikermeister | Selbstständiger Berater von Dentalunternehmen |
| Ztm. Björn Roland | Zahntechnikermeister | Eigenes Labor in Klein-Winternheim |
| Dr. Josef Rothaut | Physiker | Selbstständiger Berater von Dentalunternehmen |
| Ztm. Volker Scharl | Zahntechnikermeister | Eigenes Labor und Fräszentrum in Amberg |
| Josef Schweiger | Zahntechniker | Laborleiter LMU München, Ressortleiter CAD/CAM und entsprechende Materialien bei der dental dialogue Uni Zürich |
| Dipl. Ing. MSc Bogna Stawarczyk | Zahntechnikerin, Dentalingenieurin | Angestellter Ztm. bei Rudolf Hrdina in Guntramsdorf/Österreich |
| Ztm. Hanspeter Taus | Zahntechnikermeister | VITA Zahnfabrik |
| Dipl. Ing. Michael Tholey | Zahntechniker, Dentalingenieur | |

sen so genannten monolithischen Rekonstruktionen aufgrund der Ästhetik eine höhere Transluzenz des Zirkonoxids benötigt, die entweder durch höhere Sintertemperaturen oder längere Sinterzeiten erreicht werden kann. Diese Änderung der Sinterparameter führt zu einem Kornwachstum der Zirkonoxid-Kristalle und schwächt das Material zusätzlich. Eine weitere Möglichkeit, um transluzentes Zirkonoxid zu erhalten, ist durch Reduktion des Aluminiumoxid-Anteils zu erreichen. Aluminiumoxid ist bei dem in

der Zahnmedizin eingesetzten Zirkonoxid allerdings für die Alterungsbeständigkeit zuständig. Somit kann die Reduktion des Aluminiumoxides zu einer schnelleren Alterung dieses Materials und somit gegebenenfalls zu vorzeitigen Frakturen führen. Derzeit wird in mehreren in vitro-Studien dieses Phänomen untersucht. Die klinische Relevanz dieses Alterungsphänomens wird allerdings noch kritisch diskutiert. Von einer generellen Anwendung vollanatomischer Zirkonoxid-Restaurationen muss zum jetzigen Zeitpunkt abgeraten werden, da keine klinisch validen Daten zu diesem Thema vorliegen.

Brücken

Klassisch verblendete zirkonoxidbasierte Brücken auf natürlichen Zähnen haben sich bewährt. In klinischen Studien wird nur vereinzelt von Zirkonoxid-Frakturen berichtet, allerdings werden vermehrt Chippings (kohäsive Frakturen) in der Verblendkeramik beobachtet. Um das Chippingrisiko zu minimieren sind eine anatomische Unterstützung der Gerüste sowie eine korrekte Bearbeitung des Zirkonoxids und die Brandführung der Verblendkeramik zu berücksichtigen.

Bei keramisch verblendeten Zirkonoxid-Strukturen sind die Abkühlrate, die Schichtstärke sowie die thermische Expansion von großer Bedeutung. Verschraubte Brücken auf Implantaten sind aus heutiger Sicht nicht zu empfehlen, da der für implantatprothetische Restaurationen geforderte passive Sitz nicht herzustellen ist. Zementierte Brücken bieten durch den Zementspalt die Möglichkeit der Passivierung und sind deshalb zu bevorzugen. Generell weisen zirkonoxidgestützte Rekonstruktionen auf Implantaten höhere Misserfolgsraten auf.

Die maximale Brückenspanne im Seitenzahngebiet wird heute mit zwei Zwischengliedern angegeben.

Durch die niedrigeren Kaukräfte im Frontzahnbereich sind Brücken von Eckzahn zu Eckzahn möglich.

Weitspannige Unterkieferseitenzahnbrücken sind aufgrund der Materialeigenschaften von Zirkonoxid nicht zu empfehlen. Bei Zirkonoxid fehlt die von den Legierungen her gut bekannte plastische Verformbarkeit. Zirkonoxid zählt deshalb, wie alle Keramiken, zu den spröden Materialien und reagiert besonders empfindlich auf Zugbelastungen, während Druckbelastungen weitaus besser



Abb. 1
Schichttechnisch
verblendete zirkonoxid-
basierte Einzelkrone



Abb. 2 Einteiliges Zirkonoxid-Abutment – Verschraubte, einteilige Abutments mit Innenverbindung sind im Seitenzahngebiet nicht zu empfehlen



Abb. 3 Zweiteiliges Zirkonoxid-Abutment mit Titanklebebasis zeigen bei ausreichender Dimensionierung keine Indikations einschränkungen

toleriert werden. Die Ursache der geringen Zugfestigkeit ist in der verarbeitungsbedingten Entstehung von Mikrorissen an der Oberfläche zu sehen. Bei Zugbelastung kommt es zu Spannungsspitzen an den Rissenden, die die Bindungskräfte im Zirkonoxid übersteigen und eine Rissausbreitung, gegebenenfalls bis zur Fraktur bewirken. Deshalb hat Zirkonoxid eine eingeschränkte Festigkeit und Bruchzähigkeit. Aus diesem Grund müssen Brückengerüste aus Zirkonoxid massiver als Gerüste aus Legierungen gestaltet werden. Bedenkt man weiterhin die durch Bewegungen und Kaukräfte induzierte Verformung der Unterkieferspanne, so wird die Restauration erhöhtem Stress ausgesetzt. Dies kann unter Umständen entweder zu einer Fraktur der Restauration oder einer Pfeilerdezentrierung führen.

Freiendbrücken aus Zirkonoxid sind möglich, zeigen aber eine erhöhte Komplikationsrate im Vergleich zu Endpfeilerbrücken und sollten aus diesem Grund als Therapie der zweiten Wahl betrachtet werden.

Klebebrücken sind aufgrund der mechanischen Eigenschaften von Zirkonoxid möglich, allerdings besteht dort das Problem der Befestigung. Auch die Einhaltung der Dimensionen im Verbinderbereich zeigt sich als schwierig. Nichtedelmetalllegierungen als Gerüste weisen bessere klinische Langzeitergebnisse auf.

Implantataufbauten/Abutments

Grundsätzlich unterscheidet man zwei unterschiedliche Arten von Zirkonoxid-Abutments:

1. Einteilige Monoblockabutments

Verschraubte, einteilige Abutments mit Innenverbindung (Abb. 2) sind im Seitenzahngebiet nicht zu empfehlen. Bei Außenverbindungen und ausreichender Dimensionierung der Abutments oder Anwendung im Frontzahnbereich werden weniger Probleme beobachtet. Es besteht dringender Klärungsbedarf bezüglich der Frage, wie sich zwei unterschiedliche Werkstoffe (Titanimplantat vs. Zirkonoxid-Abutment) in direktem Kontakt langfristig verhalten.

2. Zweiteilige Abutments mit Mesostruktur (Klebebasis)

Zweiteilige Zirkonoxid-Abutments (Abb. 3) zeigen keine Indikations einschränkungen bei ausreichender Dimensionierung. Bezüglich etwaiger Probleme, die vom Fügspalt auf Knocheniveau ausgehen, besteht noch Klärungsbedarf. Hier sind weitere Untersuchungen notwendig.

Die technische Verarbeitung des Gerüsts

Fertigungstechnologie

Das Kopierfräsen stellt eine Brückentechnologie dar und ermöglichte den breiten Einstieg in den Werkstoff Zirkonoxid. Die Nachteile dieser Verfahrenstechnik, wie etwa hohes Staubaufkommen und das Fehlen eines Datensatzes, führen zur Dominanz der computergestützten Technologie.

Die Möglichkeiten der CAD/CAM-Technologie wachsen stetig. So können inzwischen komplizierte Strukturen un-

problematisch gescannt (durch die Verbesserung der Scanner-Technologie) und auch konstruiert werden. Die technischen Möglichkeiten reichen von Einzelzahnversorgungen über bis zu 14-gliedrige Brücken und Implantatversorgungen zu praktisch allen Restaurationsformen. Trotzdem sollte immer die Indikation (siehe oben) für Zirkonoxid beachtet werden. Dies bedingt die Umsetzung durch geschultes und qualifiziertes Personal. Denn die Konstruktionssoftware ist mittlerweile so komplex geworden, dass kein System die Möglichkeit des „plug-and-play“ bietet.

Mit der Komplexität der Technologie steigen auch die Komplexität des Designs und des Arbeitens mit den unterschiedlichen Software-Systemen und damit auch die absolute Notwendigkeit, Fachpersonal für die entsprechenden Systeme auszubilden/einzusetzen.

Der Beruf des Zahntechnikers ändert sich durch die digitalen Technologien. Diesen Veränderungen muss durch zusätzliche Ausbildungen oder zumindest gezielte Schulungen Rechnung getragen werden. Die Ausbildung der Zahntechniker ist in Deutschland, Österreich und der Schweiz auf einem sehr hohen Niveau. Trotzdem wurde die CAD/CAM-Technologie bisher kaum in ein Ausbildungsprogramm übernommen. Dies ist die zentrale Aufgabe aller Berufs- und Meisterschulen sowie der Universitäten.

Rohlinge und Sintern

Das verwendete Zirkonoxid muss speziell auf die verwendete Maschine einge-

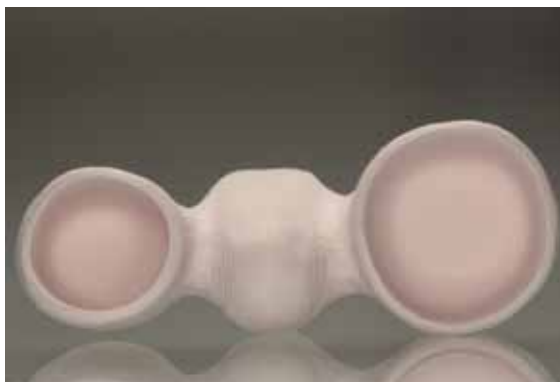


Abb. 4 Dreigliedriges Zirkonoxid-Gerüst vor dem Dichtsintern im Weißlingszustand und ...



Abb. 5 ... dasselbe dreigliedrige Zirkonoxid-Gerüst nach dem Sintern

stellt sein, da Parameter wie Vorschub, Drehgeschwindigkeit, Feuchtigkeit et cetera von jeder Maschine anders umgesetzt werden. In den meisten Fällen ist man hierbei an Systeme gebunden (und man tut auch gut daran, sich innerhalb des Systems zu bewegen). So kann beispielsweise ein Block für die Sirona MC-XL nicht ohne weiteres im 3M ESPE Lava Fräsgesetz bearbeitet werden. Die Parameter in der Maschine müssten umgestellt werden. Dies ist vor allem bei der Verwendung von Rohlingen zu bedenken, die nicht vom Hersteller des CAD/CAM-Systems zugelassen sind.

Beim Sintervorgang, der mit einer linearen Schwindung der Gerüste von etwa 20 % einhergeht (Abb. 4 und 5), können sich die Gerüste aus Zirkonoxid verziehen. Aus diesem Grund muss das Gerüst entweder auf Sinterkugeln gelagert liegen oder anders abgestützt werden (Abb. 6). Bei der Lagerung auf Sinterkugeln besteht die Gefahr, dass sich diese beim Schrumpfen des Gerüsts in Spalten festklemmen. Der Nachteil der Hilfsstrukturen, die zur Abstützung des Gerüsts platziert wurden, mit sich bringen ist der, dass diese nach dem Dichtsinterprozess entfernt werden müssen. Dies kann zur Verletzung der Gerüste führen. Zudem sind manche Systeme nicht in der Lage, diese zur Abstützung benötigten Hilfsstrukturen zu berechnen.

Der Sinterprozess ist für jeden Rohling speziell eingestellt. Viele Parameter, wie etwa die Schrumpfung, Korngröße und Transluzenz sind direkt vom Sintervorgang abhängig. Indirekt werden auch physikalische Parameter wie die Biegefestigkeit, Bruchzähigkeit und Langzeitstabilität durch die Dichtsinterung beein-

flusst. Jeder Hersteller stellt seine Rohlinge so ein, dass die angegebenen physikalischen Werte erreicht werden. Bei einer Veränderung des Sintervorgangs sind die Folgen nicht kalkulierbar und der klinische Erfolg der Restauration ist stark gefährdet.

Die technische Verarbeitung der Verblendung

Nach dem Bearbeiten durch die CAM-Maschine sollte das verblendete Zirkonoxid-Gerüst der Brandführung des jeweiligen Sinterofenherstellers entsprechend gesintert werden.

Der Sinterofen sollte speziell für das verwendete Zirkonoxid ausgelegt sein, dass heißt, er sollte nach Angaben der Hersteller programmierbar sein. Jeder Hersteller stellt seine Zirkonoxid-Rohlinge mit einer bestimmten Porosität oder Dichte et cetera her. Daher sind nicht nur unterschiedliche Schleifparameter, sondern auch unterschiedliche Sinterprogramme nötig, um die vom Hersteller angegebenen physikalischen Werte zu erreichen. Jeder Sinterofen sollte, genau wie jeder Keramikbrennofen, zumindest einmal im Monat überprüft beziehungsweise kalibriert werden. Zum Beispiel, ob die benötigten Temperaturen auch exakt erreicht werden. Dieser Punkt ist ebenso wichtig für die Verblendkeramik-Öfen. Denn die vom Hersteller propagierten optischen und mechanischen Eigenschaften, können nur erreicht werden, wenn die Keramik unter den gleichen Bedingungen gebrannt wird.

Von der Metallkeramik ist bekannt, dass die Gerüstoberfläche gestrahlt werden muss, um einen optimalen Haftverbund

zwischen der Verblendkeramik und dem Metallgerüst zu erreichen. In der Vollkeramik, speziell bei Zirkonoxid-Gerüsten, kann hier keine direkte Empfehlung gegeben werden. Jeder Hersteller liefert diesbezüglich eigene Angaben, denen Folge geleistet werden sollte. So empfiehlt beispielsweise die Firma DeguDent ein Abstrahlen, wohingegen VITA dieses Verfahren auf einer zu verblendenden Stelle komplett ablehnt. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass es Argumente für und gegen das Abstrahlen gibt. Die Beantwortung dieser Frage ist noch nicht abschließend geklärt.

Einige Firmen empfehlen nach dem Beschleifen und Sandstrahlen eines Zirkonoxid-Gerüsts einen so genannten Regenerationsbrand (Aufheizen der gesinterten Gerüste vor dem Verblenden auf 1050 °C mit einer Haltezeit von 15 min), um dadurch die eventuell bei der Bearbeitung umgewandelten Kristalle wieder in ihre tetragonale Form zu bringen. Es existiert keine Untersuchung, die eindeutig beweist, dass dieser Schritt notwendig ist. Das Gerüst sollte mithilfe der CAD-Software als ideal verkleinerte anatomische Zahnform gestaltet werden (Abb. 7), so dass die Verblendkeramik eine maximale Schichtstärke von 1,5 mm aufweist (laut Buch der AG Keramik ist dies erlaubt, optimal wäre aber eine Verblendkeramiksichtstärke von etwa 1 mm). Dadurch wird die Gefahr des „Chippings“ (Abb. 8) deutlich verringert. Der Durchmesser der Abplatzungen wird verkleinert und die rissauslösende Kraft, die zum Bruch führt, vergrößert.

Der Verblendvorgang sollte nach den Anweisungen der Hersteller erfolgen, da es auch hier unterschiedliche Ansätze gibt.



Abb. 6 Gefräste Unterstützungsstrukturen, die das Zirkonoxid-Gerüst während des Sintervorgangs abstützt und einem Verzug vorbeugen soll



Abb. 7 Mit anatomisch geformten Zirkonoxid-Gerüsten kann die Menge und Dicke der Verblendkeramik auf ein Mindestmaß reduziert werden

Generell gilt, dass sich nicht alle Verblendkeramiken gleichermaßen verhalten. Dies ist mit der Zusammensetzung und damit einhergehend mit den chemischen und physikalischen Eigenschaften zu erklären. So verlangen zum Beispiel viele Hersteller von Verblendkeramiken für Zirkonoxid-Gerüste eine langsame Abkühlung bis unterhalb der Glastransformationstemperatur (T_g). Andere Hersteller empfehlen für ihr Produkt ein derartiges Vorgehen nicht.

Klinische Verarbeitung

Präparation

Pfeilerzähne zur Aufnahme von Zirkonoxid-Restaurationen sollten mit einer Stufe mit innengerundeter Kante oder einer Hohlkehle präpariert werden. Eine Tangentialpräparation wäre aus materialkundlicher Sicht denkbar, ist aber meist parodontalhygienisch nicht zu vertreten. Der Platzbedarf beträgt marginal 1,0 mm und okklusal 1,5 mm. Auf eine keramikgerechte Präparation mit der Rundung aller Kanten ist besonderer Wert zu legen, um Spannungsspitzen zu vermeiden. Der Präparationswinkel sollte bei 6° ($\alpha/2$) liegen. Bei kurzen Stümpfen (< 4 mm) ist eine steilere Präparation als 3° anzustreben. Generell gilt: konischere Stümpfe verbessern die Scanbarkeit (Abb. 9).

Okklusale Korrekturen

Alle Einschleifmaßnahmen dürfen nur mit Feinkorndiamanten, die eine Kör-

nung von $50 \mu\text{m}$ und feiner aufweisen, möglichst ohne Druck und unter Wasserkühlung durchgeführt werden.

Noch nicht befestigte Restaurationen sollten nach der Feinadjustierung vom Zahntechniker im keramischen Brennofen mit einem Glanzbrand versehen werden. Die Politur der Restauration stellt, unabhängig davon, ob sie im Labor oder in der Praxis durchgeführt wird, nur eine Lösung der zweiten Wahl dar. Die mit einer Politur auf komplexen Geometrien wie der Okklusalfäche erzielbare Oberflächenqualität ist der eines Glanzbrandes unterlegen.

Ist die Restauration bereits definitiv befestigt und es mussten daran einschleifende Korrekturen vorgenommen werden, müssen Poliersysteme für die Oberflächenvergütung zur Verwendung kommen. Dabei ist vor allem auf die Qualität der Polierer zu achten. Silikongebundene Instrumente täuschen durch das freigesetzte Silikonöl bereits nach kurzer Be-

arbeitungszeit einen hohen Oberflächen-glanz vor. Nach der Reinigung der Oberfläche mit Alkohol lässt sich die Qualität der Oberfläche am besten beurteilen. Eine eindeutige Empfehlung eines speziellen Poliersystems konnte im Rahmen der Konsensuskonferenz nicht ausgesprochen werden.

Vorbereitung zum Befestigen

Die Expertenkommission konnte sich grundsätzlich auf die Empfehlung einigen, die Gerüste auf der Innenseite sanft anzustrahlen (Parameter: $50 \mu\text{m}$ Korundstrahlgut, maximal 1 bar Druck, 10 mm Abstand, 5 s Strahlzeit pro Einheit). Ein spezieller Strahlwinkel kann nicht angegeben werden. Generell hat der Strahlvorgang einen positiven Einfluss auf den Haftverbund, der wahrscheinlich in der mechanischen Reinigung und Vergrößerung der Oberfläche begründet liegt. Wie bei der Auswirkung des Abstrahlens vor der Verblendung, sind die Auswirkungen auf das Gerüst noch nicht

Tabelle 2: Evidenzlevel formulierter Empfehlungen

| Level | Definition |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T I a | Meta-Analyse/Systematische Übersicht von Randomisierten, kontrollierten Studien (RCT) oder „Megatrial“ |
| T I b | Einzelne RCT |
| T II a | Kohortenstudie mit Kontrollgruppe/nicht randomisierter Kontrolle, quasiexperimentelle Studie |
| T II b | Fall-Kontroll-Studie |
| T III | Querschnitts-, ökologische Studie, Kohorte ohne Kontrollgruppe (Anwendungsbeobachtung), Fallserie |
| T IV | Expertenmeinung, Grundlagenforschung |



Abb. 8 Je mehr freitragende Verblendkeramik aufgebrannt wurde, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit einer kohäsiven Keramikfraktur (Chipping) – hier an der distalen Approximallfläche einer zirkonoxidbasierten Keramikkrone

komplett geklärt. Sollten zusätzlich zu den adhäsiven Befestigungssystemen Haftvermittler eingesetzt werden, müssen unbedingt die Herstellerangaben befolgt werden.

Befestigung

Grundsätzlich dürfen keramische Restaurationen keine Friktion aufweisen, damit Spannungsspitzen und Zugspannungen vermieden werden. Daher hat das Befestigungsmaterial zusätzlich die Aufgabe, die fehlende Friktion zu kompensieren. Aus diesem Grund ist eine adhäsive oder semiadhäsive Befestigung von Zirkonoxid-Restaurationen anzustreben.

Bei einem Präparationswinkel von 6° und einer Stumpflänge > 4 mm ist auch eine konventionelle Befestigung möglich. Grundsätzlich sind Brücken kritischer zu bewerten als Kronen, weil bei diesen ein etwaiger Retentionsverlust häufig nicht unmittelbar bemerkt wird.

Auf konfektionierten Implantatabutments sollte konventionell befestigt werden, da sich bei tief subgingival liegenden Kronenrändern überschüssiges Befestigungsmaterial schwierig entfernen lässt.

Ein konventioneller Zement wird bei unvollständiger Entfernung eher ausgespült und verursacht weniger Weichgewebeerirritationen. Bei individuellen CAD/CAM-Abutments, bei denen der marginale Rand in gut zugängliche Bereiche gelegt werden kann, kann auch auf adhäsive/semiadhäsive Systeme zugegriffen werden. Rein adhäsiv verankerte Restaurationen ohne retentive Präparation sollten mit klassischen adhäsiven Mehrschrittsystemen befestigt werden.

Von der provisorischen Befestigung von Zirkonoxid-Restaurationen wird strikt abgeraten.

Fazit

Es gibt heute Bereiche, für die Zirkonoxid wissenschaftlich sehr gut untersucht wurde und für die daher eindeutige Empfehlungen ausgesprochen werden können. Manche sind jedoch nur schlecht oder kaum dokumentiert. Daher besteht zur Klärung dieser Bereiche noch verstärkt Forschungsbedarf. In der vorliegenden Verarbeitungsanleitung sollen wissenschaftliche Ergebnisse für die tägliche Praxis übersetzt werden, ohne einen Anspruch auf Unfehlbarkeit und Vollständigkeit zu erheben. Bei Beachtung der hier aufgeführten Hinweise lässt sich jedoch sicher so mancher klinischer Misserfolg vermeiden.



Abb. 9 Beispiel einer keramikgerechten Präparation: Pfeilerzähne mit einer Stufe mit innengerundeter Kante oder einer Hohlkehle. Der Platzbedarf beträgt marginal 1,0 mm und okklusal 1,5 mm. Alle Kanten sollten abgerundet werden, um Spannungsspitzen zu vermeiden. Der Präparationswinkel sollte bei 6° ($\alpha/2$) liegen

Tabelle 3: Zusammenfassung

Ergebnisse der CAD 4 practice-Konsensus Konferenz

- für Präparation, Befestigung, okklusale Korrekturen und Gerüstgestaltung eindeutige Empfehlung möglich
- für einteilige Implantatprothetikabutments, vollanatomische Restaurationen keine Empfehlung möglich
- Bedarf an Daten über Strahlen
- noch lange nicht alle Fragen geklärt
- Publikationen der Ergebnisse in teamwork und dental dialogue

Zur Person

Priv.-Doz. Dr. Florian Beuer studierte von 1994 bis 1999 Zahnheilkunde an der LMU München. Danach war er bis 2001 als Assistenzarzt in einer Zahnarztpraxis tätig. Seit 2002 ist Florian Beuer Mitarbeiter an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München. Im selben Jahr promovierte er im Themenbereich „Vollkeramische Versorgungen“. Im Jahr 2001 trat er an der LMU die Tätigkeit als Oberarzt an. Seit 2005 ist Dr. Beuer zertifizierter Implantologe. Zwei Jahre (2007/2008) war er als Visiting Professor am Pacific Dental Institute (PDI), Oregon/USA (Director: John Sorensen, DMD, PhD) tätig. Seit April 2009 ist Dr. Florian Beuer Privatdozent an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München und Leiter der Vorklinischen Ausbildung. Seine klinischen und wissenschaftlichen Schwerpunkte sind Vollkeramik, CAD/CAM-gefügter Zahnersatz, Zirkonoxid und Implantologie. Dr. Beuer ist unter anderem Mitglied der DGI, DGZMK, AG-Keramik, IADR, Mitinitiator der Arbeitsgruppe Vollkeramik München sowie Mitinitiator des Curriculum CAD/CAM (CAD/CAM-Führerschein).

Dipl.-Ing. Bogna Stawarczyk, MSc, schloss 2002 ihre Ausbildung zur Zahntechnikerin in Menden im Labor Emmel & Gierse ab. Von 2002 bis 2006 absolvierte sie den Studiengang Dentaltechnologie an der Fachhochschule Osnabrück. Direkt im Anschluss besuchte sie bis 2008 das postgraduelle Studium Master of Science Dental Technik an der Donauuniversität Krems. An der Universität Zürich am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde ist sie seit Februar 2006 als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Materialforschung der Abteilung Materialkunde der Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und Materialkunde tätig. Von 2008 bis 2009 war sie ad interim die Leiterin der Materialforschung in dieser Klinik. Ihre Forschungsschwerpunkte sind CAD/CAM-Technologien, Provisorien, Vollkeramik und Befestigungsmaterialien. Zusätzlich seit 2009 ist Bogna Stawarczyk an der Höheren Fachschule für Zahntechnik in der Schweiz als Dozentin der Metallurgie tätig und seit 2010 an der Akademie für Österreichs Zahntechnik als Dozentin in der Werkstoffkunde.

Dipl.-Ing. Michael J. Tholey absolvierte seine Ausbildung zum Zahntechniker 1991. Von da an war er zehn Jahre als Allround-Zahntechniker tätig. Im September 2001 dann die Zäsur. Michael Tholey hängte das Handwerk an den Nagel, um an der Fachhochschule Osnabrück „Dentale Technologie“ zu studieren. Im September 2005 schloss er dieses Studium mit der Diplomprüfung erfolgreich ab. Während des Studiums verbrachte er 2004 sein zweites Praxissemester an der Universität von Otago, Dunedin/Neuseeland. Seit Oktober 2005 ist er bei der VITA Zahnfabrik Fachbereichsleiter/Projektmanager Forschung & Entwicklung Verblendkeramik. Michael Tholey blickt bereits auf zahlreiche werkstoffkundliche Veröffentlichungen zurück und hat sich insbesondere im Zusammenhang mit vollkeramischem Zahnersatz einen Namen gemacht. Tholey ist Mitglied der CAD 4 practice Expertengruppe.

Kontaktadresse

Priv.-Doz. Dr. Florian Beuer • Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Ludwig-Maximilians-Universität • Goethestraße 70 • 80336 München

Dipl.-Ing. Bogna Stawarczyk, MSc • Klinik für Kronen- und Brückenprothetik,
Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde • Zentrum für Zahnmedizin der
Universität Zürich • Plattenstrasse 11 • 8032 Zürich/Schweiz

Dipl.-Ing. Michael Tholey • VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co.KG • Ballweg 6
79713 Bad Säckingen



Literaturangabe

- [1] Adatia ND, Bayne SC, Cooper LF and Thompson JY (2009) Fracture resistance of yttria-stabilized zirconia dental implant abutments. *J Prosthodont* 18:17-22.
- [2] Al-Amleh B, Lyons K and Swain M (2010) Clinical trials in zirconia: a systematic review. *J Oral Rehabil* 37:641-652.
- [3] Apholt W, Bindl A, Luthy H and Mormann WH (2001) Flexural strength of Cerec 2 machined and jointed InCeram-Alumina and InCeram-Zirconia bars. *Dent Mater* 17:260-267.
- [4] Baldissara P, Llukacej A, Ciocca L, Valandro FL and Scotti R (2010) Translucency of zirconia copings made with different CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent* 104:6-12.
- [5] Behr M, Proff P, Kolbeck C, Langrieger S, Kunze J, Handel G and Rosentritt M (2011) The bond strength of the resin-to-zirconia interface using different bonding concepts. *J Mech Behav Biomed Mater* 4:2-8.
- [6] Beuer F, Aggstaller H, Edelhoff D and Gernet W (2008) Effect of preparation design on the fracture resistance of zirconia crown copings. *Dent Mater J* 27:362-367.
- [7] Beuer F, Aggstaller H, Edelhoff D, Gernet W and Sorensen J (2009) Marginal and internal fits of fixed dental prostheses zirconia retainers. *Dent Mater* 25:94-102.
- [8] Beuer F, Aggstaller H, Richter J, Edelhoff D and Gernet W (2009) Influence of preparation angle on marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated zirconia crown copings. *Quintessence Int* 40:243-250.
- [9] Beuer F, Edelhoff D, Gernet W and Naumann M (2008) Effect of preparation angles on the precision of zirconia crown copings fabricated by CAD/CAM system. *Dent Mater J* 27:814-820.
- [10] Beuer F, Edelhoff D, Gernet W and Sorensen JA (2009) Three-year clinical prospective evaluation of zirconia-based posterior fixed dental prostheses (FDPs). *Clin Oral Investig* 13:445-451.
- [11] Beuer F, Naumann M, Gernet W and Sorensen JA (2009) Precision of fit: zirconia three-unit fixed dental prostheses. *Clin Oral Investig* 13:343-349.
- [12] Beuer F, Neumeier P and Naumann M (2009) Marginal fit of 14-unit zirconia fixed dental prosthesis retainers. *J Oral Rehabil* 36:142-149.
- [13] Beuer F, Schweiger J, Eichberger M, Kappert HF, Gernet W and Edelhoff D (2009) High-strength CAD/CAM-fabricated veneering material sintered to zirconia copings--a new fabrication mode for all-ceramic restorations. *Dent Mater* 25:121-128.
- [14] Beuer F, Stimmelmayer M, Gernet W, Edelhoff D, Guh JF and Naumann M (2010) Prospective study of zirconia-based restorations: 3-year clinical results. *Quintessence Int* 41:631-637.
- [15] Bonfante EA, Rafferty B, Zavanelli RA, Silva NR, Rekow ED, Thompson VP and Coelho PG (2010) Thermal/mechanical simulation and laboratory fatigue testing of an alternative yttria tetragonal zirconia polycrystal core-veneer all-ceramic layered crown design. *Eur J Oral Sci* 118:202-209.
- [16] Cehreli MC, Kokat AM and Akca K (2009) CAD/CAM Zirconia vs. slip-cast glass-infiltrated Alumina/Zirconia all-ceramic crowns: 2-year results of a randomized controlled clinical trial. *J Appl Oral Sci* 17:49-55.
- [17] Chen YM, Smales RJ, Yip KH and Sung WJ (2008) Translucency and biaxial flexural strength of four ceramic core materials. *Dent Mater* 24:1506-1511.
- [18] Chevalier J, Gremillard L, Virkar AV and Clarke DR (2009) The tetragonal-monoclinic transformation in zirconia: lessons learned and future trends. *J Am Ceram Soc* 92:1901-1920.
- [19] Chevalier J, Olagnon C and Fantozzi G (1999) Subcritical crack propagation in 3Y-TZP ceramics: static and cyclic fatigue. *J Am Ceram Soc* 82:3129-3138.
- [20] Christensen RP and Ploeger BJ (2010) A clinical comparison of zirconia, metal and alumina fixed-prosthesis frameworks veneered with layered or pressed ceramic: a three-year report. *J Am Dent Assoc* 141:1317-1329.
- [21] Coelho PG, Silva NR, Bonfante EA, Guess PC, Rekow ED and Thompson VP (2009) Fatigue testing of two porcelain-zirconia all-ceramic crown systems. *Dent Mater* 25:1122-1127.
- [22] Crisp RJ, Cowan AJ, Lamb J, Thompson O, Tulloch N and Burke FJ (2008) A clinical evaluation of all-ceramic bridges placed in UK general dental practices: first-year results. *Br Dent J* 205:477-482.
- [23] de Souza GM, Silva NR, Paulillo LA, De Goes MF, Rekow ED and Thompson VP (2010) Bond strength to high-crystalline content zirconia after different surface treatments. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 93:318-323.
- [24] Denry I and Kelly JR (2008) State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater* 24:299-307.
- [25] Dittmer MP, Borchers L, Stiesch M and Kohorst P (2009) Stresses and distortions within zirconia-fixed dental prostheses due to the veneering process. *Acta Biomater* 5:3231-3239.
- [26] Ebert A, Hedderich J and Kern M (2007) Retention of zirconia ceramic copings bonded to titanium abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 22:921-927.
- [27] Edelhoff D, Beuer F, Weber V and Johnen C (2008) HIP zirconia fixed partial dentures--clinical results after 3 years of clinical service. *Quintessence Int* 39:459-471.
- [28] Fischer J and Stawarczyk B (2007) Compatibility of machined Ce-TZP/Al₂O₃ nanocomposite and a veneering ceramic. *Dent Mater* 23:1500-1505.
- [29] Fischer J, Stawarczyk B, Tomic M, Strub JR and Hammerle CH (2007) Effect of thermal misfit between different veneering ceramics and zirconia frameworks on in vitro fracture load of single crowns. *Dent Mater J* 26:766-772.
- [30] Fischer J, Stawarczyk B, Trottman A and Hammerle CH (2009) Impact of thermal properties of veneering ceramics on the fracture load of layered Ce-TZP/A nanocomposite frameworks. *Dent Mater* 25:326-330.
- [31] Fischer J, Stawarczyk B, Trottman A and Hammerle CH (2009) Impact of thermal misfit on shear strength of veneering ceramic/zirconia composites. *Dent Mater* 25:419-423.
- [32] Glauser R, Sailer I, Wohlwend A, Studer S, Schibli M and Schärer P (2004) Experimental zirconia abutments for implant-supported single-tooth restorations in esthetically demanding regions: 4-year results of a prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 17:285-290.
- [33] Hjerpe J, Vallittu PK, Froberg K and Lassila LV (2009) Effect of sintering time on biaxial strength of zirconium dioxide. *Dent Mater* 25:166-171.
- [34] Kelly JR and Denry I (2008) Stabilized zirconia as a structural ceramic: an overview. *Dent Mater* 24:289-298.
- [35] Kern M and Wegner SM (1998) Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater* 14:64-71.
- [36] Kirsten A, Begand S, Oberbach T, Telle R and Fischer H (2010) Subcritical crack growth behavior of dispersion oxide ceramics. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 95:202-206.
- [37] Larsson C, Vult von Steyern P, Sunzel B and Nilner K (2006) All-ceramic two- to five-unit implant-supported reconstructions. A randomized, prospective clinical trial. *Swed Dent J* 30:45-53.
- [38] Lohbauer U, Amberger G, Quinn GD and Scherrer SS (2010) Fractographic analysis of a dental zirconia framework: a case study on design issues. *J Mech Behav Biomed Mater* 3:623-629.
- [39] Matsui K, Yoshida H and Ikuhara Y (2009) Isothermal sintering effect on phase separation and grain in yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal. *J Am Ceram Soc* 92:467-475.
- [40] Mitsias ME, Silva NR, Pines M, Stappert C and Thompson VP (2010) Reliability and fatigue damage modes of zirconia and titanium abutments. *Int J Prosthodont* 23:56-59.

Literaturangabe

- [41] Molin MK and Karlsson SL (2008) Five-year clinical prospective evaluation of zirconia-based Denzir 3-unit FPDs. *Int J Prosthodont* 21:223-227.
- [42] Nakamura K, Kanno T, Milleding P and Ortengren U (2010) Zirconia as a dental implant abutment material: a systematic review. *Int J Prosthodont* 23:299-309.
- [43] Nothdurft F and Pospiech P (2010) Prefabricated zirconium dioxide implant abutments for single-tooth replacement in the posterior region: evaluation of peri-implant tissues and superstructures after 12 months of function. *Clin Oral Implants Res* 21:857-865.
- [44] Nothdurft FP, Doppler KE, Erdelt KJ, Knauber AW and Pospiech PR (2010) Influence of artificial aging on the load-bearing capability of straight or angulated zirconia abutments in implant/tooth-supported fixed partial dentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 25:991-998.
- [45] Nothdurft FP, Doppler KE, Erdelt KJ, Knauber AW and Pospiech PR (2010) Fracture behavior of straight or angulated zirconia implant abutments supporting anterior single crowns. *Clin Oral Investig*
- [46] Nothdurft FP, Merker S and Pospiech PR (2011) Fracture behaviour of implant-implant- and implant-tooth-supported all-ceramic fixed dental prostheses utilising zirconium dioxide implant abutments. *Clin Oral Investig* 15:89-97.
- [47] Ortorp A, Kihl ML and Carlsson GE (2009) A 3-year retrospective and clinical follow-up study of zirconia single crowns performed in a private practice. *J Dent* 37:731-736.
- [48] Piascik JR, Swift EJ, Thompson JY, Grego S and Stoner BR (2009) Surface modification for enhanced silanation of zirconia ceramics. *Dent Mater* 25:1116-1121.
- [49] Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N, Hochstedler JL, Mohamed SE, Billiot S and Mercante DE (2006) The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study. *J Prosthet Dent* 96:237-244.
- [50] Rosentritt M, Behr M, Burgers R, Feilzer AJ and Hahnel S (2009) In vitro adherence of oral streptococci to zirconia core and veneering glass-ceramics. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 91:257-263.
- [51] Rosentritt M, Behr M, Thaller C, Rudolph H and Feilzer A (2009) Fracture performance of computer-aided manufactured zirconia and alloy crowns. *Quintessence Int* 40:655-662.
- [52] Rosentritt M, Kolbeck C, Handel G, Schneider-Feyrer S and Behr M (2010) Influence of the fabrication process on the in vitro performance of fixed dental prostheses with zirconia substructures. *Clin Oral Investig*
- [53] Rosentritt M, Ries S, Kolbeck C, Westphal M, Richter EJ and Handel G (2009) Fracture characteristics of anterior resin-bonded zirconia-fixed partial dentures. *Clin Oral Investig* 13:453-457.
- [54] Rosentritt M, Steiger D, Behr M, Handel G and Kolbeck C (2009) Influence of substructure design and spacer settings on the in vitro performance of molar zirconia crowns. *J Dent* 37:978-983.
- [55] Sailer I, Feher A, Filser F, Gauckler LJ, Luthy H and Hammerle CH (2007) Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 20:383-388.
- [56] Sailer I, Sailer T, Stawarczyk B, Jung RE and Hammerle CH (2009) In vitro study of the influence of the type of connection on the fracture load of zirconia abutments with internal and external implant-abutment connections. *Int J Oral Maxillofac Implants* 24:850-858.
- [57] Santana T, Zhang Y, Guess P, Thompson VP, Rekow ED and Silva NR (2009) Off-axis sliding contact reliability and failure modes of veneered alumina and zirconia. *Dent Mater* 25:892-898.
- [58] Scherrer SS, Cattani-Lorente M, Vittecoq E, de Mestral F, Griggs JA and Wiskott HW (2011) Fatigue behavior in water of Y-TZP zirconia ceramics after abrasion with 30 µm silica-coated alumina particles. *Dent Mater* 27:e28-42.
- [59] Schmitter M, Mussotter K, Rammelsberg P, Stober T, Ohlmann B and Gabbert O (2009) Clinical performance of extended zirconia frameworks for fixed dental prostheses: two-year results. *J Oral Rehabil* 36:610-615.
- [60] Shahin R and Kern M (2010) Effect of air-abrasion on the retention of zirconia ceramic crowns luted with different cements before and after artificial aging. *Dent Mater* 26:922-928.
- [61] Silva NR, Bonfante EA, Zavanelli RA, Thompson VP, Ferencz JL and Coelho PG (2010) Reliability of metallo-ceramic and zirconia-based ceramic crowns. *J Dent Res* 89:1051-1056.
- [62] Swain MV (2009) Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures. *Acta Biomater* 5:1668-1677.
- [63] Teixeira EC, Piascik JR, Stoner BR and Thompson JY (2009) Zirconia-polyethylene multilayer thin films for enhanced fracture resistance of dental ceramics. *Proc Inst Mech Eng H* 223:897-902.
- [64] Thompson I and Rawlings RD (1990) Mechanical behaviour of zirconia and zirconia-toughened alumina in a simulated body environment. *Biomaterials* 11:505-508.
- [65] Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR and Smith R (2011) Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now? *Dent Mater* 27:71-82.
- [66] Tinschert J, Schulze KA, Natt G, Latzke P, Heussen N and Spiekermann H (2008) Clinical behavior of zirconia-based fixed partial dentures made of DC-Zirkon: 3-year results. *Int J Prosthodont* 21:217-222.
- [67] Vult von Steyern P, Carlson P and Nilner K (2005) All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC-Zirkon technique. A 2-year clinical study. *J Oral Rehabil* 32:180-187.
- [68] Zembic A, Sailer I, Jung RE and Hammerle CH (2009) Randomized-controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-year results. *Clin Oral Implants Res* 20:802-808.
- [69] Fischer J, Grohmann P, Stawarczyk B (2008) Effect of Zirconia Surface Treatments on the Shear Strength of Zirconia/Veneering Ceramic Composites. *Dental Materials Journal* 2008; 27(3): 448-454